

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-358615  
(P2002-358615A)

(43) 公開日 平成14年12月13日 (2002. 12. 13)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I     | デマコト <sup>*</sup> (参考) |
|---------------------------|-------|---------|------------------------|
| G 1 1 B                   | 5/65  | G 1 1 B | 5 D 0 0 6              |
|                           | 5/64  |         | 5 D 1 1 2              |
|                           | 5/667 |         | 5 E 0 4 9              |
|                           | 5/738 |         |                        |
|                           | 5/851 |         |                        |

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-55042 (P2002-55042)  
(22) 出願日 平成14年 2 月28日 (2002. 2. 28)  
(31) 優先権主張番号 特願2001-55950 (P2001-55950)  
(32) 優先日 平成13年 2 月28日 (2001. 2. 28)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002004  
昭和電工株式会社  
東京都港区芝大門 1 丁目13番 9 号  
(71) 出願人 000003078  
株式会社東芝  
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号  
(72) 発明者 清水 謙治  
千葉県市原市八幡海岸通 5 番の 1 昭和電  
工エイチ・ディー株式会社内  
(74) 代理人 100064908  
弁理士 志賀 正武 (外 6 名)

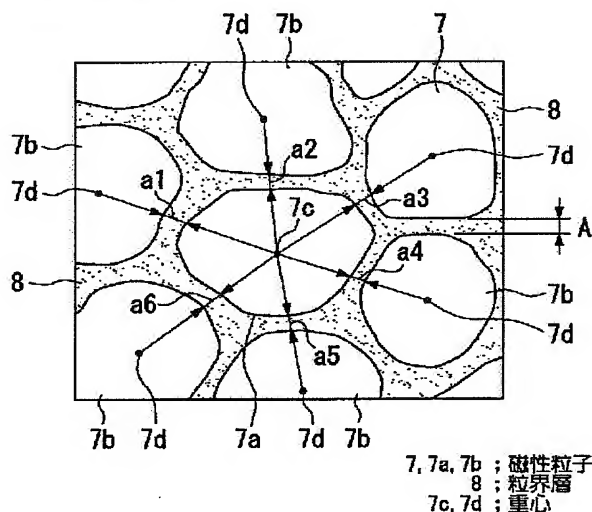
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 ノイズ特性を向上させ得る磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】 非磁性基板上に、軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、垂直磁性膜は、多数の磁性粒子 7 が粒界層 8 によって隔てられた構造を有し、互いに隣接する磁性粒子 7 a、7 b の重心 7 c、7 d を結ぶ直線上において、これら磁性粒子 7 a、7 b 間の平均離間距離が 1 nm 以上とされている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、垂直磁性膜は、多数の磁性粒子が粒界層によって隔てられた構造を有し、互いに隣接する磁性粒子の重心を結ぶ直線上において、これら磁性粒子間の平均離間距離が1nm以上とされていることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】 磁性粒子の平均粒径が4～12nmであることを特徴とする請求項1記載の磁気記録媒体。

【請求項3】 振動式磁気特性測定装置を用いて測定した逆磁区核形成磁界が0(Oe)以上であることを特徴とする請求項1または2記載の磁気記録媒体。

【請求項4】 逆磁区核形成磁界が、70℃において測定された値であることを特徴とする請求項3記載の磁気記録媒体。

【請求項5】 垂直磁性膜が、CoCrPtX系(X:Mo、B、V、W、Zr、Re、Cu、Ru、Hf、Ir、Yのうち1種以上)合金からなり、Xの含有率が0.5～15at%であることを特徴とする請求項1～4のうちいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項6】 XはBであり、その含有率が10at%以下であることを特徴とする請求項5記載の磁気記録媒体。

【請求項7】 垂直磁性膜は、Cr含有率が12～26at%、Pt含有率が10～24at%、X含有率が0.5～15at%、残部がCoからなることを特徴とする請求項5または6記載の磁気記録媒体。

【請求項8】 垂直磁性膜は、CoとCrを含み、磁性粒子中のCr濃度を $c1$ とし、粒界層中のCr濃度を $c2$ としたときに、 $c2/c1$ が1.4以上であることを特徴とする請求項1～7のうちいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項9】 粒界層中のCr濃度 $c2$ が15at%以上であることを特徴とする請求項8記載の磁気記録媒体。

【請求項10】 垂直磁性膜は、グラニューラー構造を有することを特徴とする請求項1～9のうちいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項11】 配向制御膜と垂直磁性膜との間に非磁性中間膜が設けられ、この非磁性中間膜が、CoCrPtX1系合金(X1はMo、Ta、B、V、W、Zr、Re、Cu、Ru、Hf、Ir、Yのうち1種以上)からなり、Cr含有率が20～45at%、Pt含有率が5～25at%、X1含有率が0.5～20at%、残部がCoからなることを特徴とする請求項1～10のうちいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項12】 Cr含有率が30～45at%であることを特徴とする請求項11記載の磁気記録媒体。

【請求項13】 非磁性中間膜が、CoとCrを含み、高Cr含有率の結晶粒子が低Cr含有率の粒界層によって隔てられた構造を有し、互いに隣接する結晶粒子の重心を結ぶ直線上において、これら結晶粒子間の平均離間距離が1nm以上とされていることを特徴とする請求項11または12記載の磁気記録媒体。

【請求項14】 結晶粒子の平均粒径が4～12nmであることを特徴とする請求項13記載の磁気記録媒体。

【請求項15】 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とを設ける磁気記録媒体の製造方法であって、垂直磁性膜を、多数の磁性粒子が粒界層によって隔てられた構造を有し、互いに隣接する磁性粒子の重心を結ぶ直線上においてこれら磁性粒子間の平均離間距離が1nm以上とされた構成とすることを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項16】 磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備えた磁気記録再生装置であって、

磁気記録媒体は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、垂直磁性膜は、多数の磁性粒子が粒界層によって隔てられた構造を有し、互いに隣接する磁性粒子の重心を結ぶ直線上において、これら磁性粒子間の平均離間距離が1nm以上とされていることを特徴とする磁気記録再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録媒体、その製造方法、およびこの磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】磁性膜内の磁化容易軸が主に垂直に配向した、いわゆる垂直磁気記録媒体は、高記録密度化した際にも、ビット境界での反磁界の影響が小さく、境界が鮮明な記録磁区が形成されるため低ノイズ化が可能であり、しかも比較的ビット体積が大きくても高記録密度化が可能であることから熱揺らぎ効果にも強く、大きな注目を集めている。例えば、特開平7-44852号公報には、CoCrPtTa合金からなる垂直磁性膜と、軟磁性裏打ち層を有する磁気記録媒体が開示されている。特開平5-334644号公報には、CoCrTa系合金にVを添加した合金からなる垂直磁性膜を有する磁気記録媒体が開示されている。特開平5-343225号公報には、CoCrTa系合金にBを添加した合金から

なる垂直磁性膜を有する磁気記録媒体が開示されている。特開平11-296833号公報には、2層構造の垂直磁性膜を有する磁気記録媒体が開示されている。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】垂直磁気記録媒体では、保磁力や角型比などの磁気特性を得るため、垂直磁性膜における垂直配向性を高めることが重要である。しかしながら、従来の磁気記録媒体では、垂直磁性膜の配向性を高めると、結晶の成長方向が均一となるため、磁性粒子間の距離が小さくなり、磁性粒子間の交換結合の影響によってノイズが増加することがあった。本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、ノイズ特性を向上させ得る磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

#### 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、垂直磁性膜は、多数の磁性粒子が粒界層によって隔てられた構造を有し、互いに隣接する磁性粒子の重心を結ぶ直線上において、これら磁性粒子間の平均離間距離が1nm以上とされていることを特徴とする。磁性粒子の平均粒径は、4~12nmであることが好ましい。本発明の磁気記録媒体は、振動式磁気特性測定装置を用いて測定した逆磁区核形成磁界(−H<sub>n</sub>)が、0(Oe)以上であることが好ましい。なお、磁界強度の単位には、 $4\pi \times 10^{-3}$  (Oe) = 1 (A/m)という換算関係がある。この逆磁区核形成磁界は、70℃において測定された値とするのが好適である。垂直磁性膜は、CoCrPtX系(X:Mo、B、V、W、Zr、Re、Cu、Ru、Hf、Ir、Yのうち1種以上)合金からなり、Xの含有率が0.5~15at%である構成が好ましい。本発明では、XがBであり、その含有率が10at%以下である構成を採用することができる。垂直磁性膜が、Cr含有率が12~26at%、Pt含有率が10~24at%、X含有率が0.5~15at%、残部がCoからなるものである構成とすることができる。垂直磁性膜は、CoとCrを含み、磁性粒子中のCr濃度を $c_1$ とし、粒界層中のCr濃度を $c_2$ としたときに、 $c_2/c_1$ が1.4以上であることが好ましい。粒界層中のCr濃度 $c_2$ が15at%以上であることが好ましい。垂直磁性膜は、グラニュラー構造を有する構成とすることができる。配向制御膜と垂直磁性膜との間に、非磁性中間膜が設けられ、この非磁性中間膜が、CoCrPtX1系合金(X1はMo、Ta、B、V、W、Zr、Re、Cu、Ru、Hf、Ir、Yのうち1種以上)からなり、Cr含有率が20~45at%、Pt含有率が5~25at%、X1含有率が0.5~20at%、残部がCoからなる構成を採用

することができる。Cr含有率は、30~45at%とするのが好ましい。本発明の磁気記録媒体は、非磁性中間膜が、CoとCrを含み、高Cr含有率の結晶粒子が低Cr含有率の粒界層によって隔てられた構造を有し、互いに隣接する結晶粒子の重心を結ぶ直線上において、これら結晶粒子間の平均離間距離が1nm以上とされていることが好ましい。結晶粒子の平均粒径は、4~12nmであることが好ましい。本発明の磁気記録媒体の製造方法は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とを設ける磁気記録媒体の製造方法であって、垂直磁性膜を、多数の磁性粒子が粒界層によって隔てられた構造を有し、互いに隣接する磁性粒子の重心を結ぶ直線上においてこれら磁性粒子間の平均離間距離が1nm以上とされた構成とすることを特徴とする。本発明の磁気記録再生装置は、磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備え、磁気記録媒体が、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、垂直磁性膜が、多数の磁性粒子が粒界層によって隔てられた構造を有し、互いに隣接する磁性粒子の重心を結ぶ直線上において、これら磁性粒子間の平均離間距離が1nm以上とされていることを特徴とする。

#### 【0005】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の磁気記録媒体の第1の実施形態を示すもので、ここに示す磁気記録媒体は、非磁性基板1上に、軟磁性下地膜2と、配向制御膜3と、垂直磁性膜4と、保護膜5と潤滑膜6とが順次形成されて構成されている。非磁性基板1としては、アルミニウム、アルミニウム合金等の金属材料からなる金属基板を挙げることができ、ガラス、セラミック、シリコン、シリコンカーバイド、カーボンなどの非金属材料からなる非金属基板を挙げることができる。ガラス基板としては、アモルファスガラス、結晶化ガラスがあり、アモルファスガラスとしては汎用のソーダライムガラス、アルミノシリケートガラスを挙げることができる。また、結晶化ガラスとしては、例えばリチウム系結晶化ガラスを用いることができる。セラミック基板としては、汎用の酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、窒化珪素などを主成分とする焼結体や、これらの繊維強化物などを挙げることができる。非磁性基板1としては、上記金属基板、非金属基板の表面にメッキ法やスパッタ法を用いてNiP膜が形成されたものを用いることもできる。基板1表面の平均粗さRaは、0.01~2nm(好ましくは0.05~1.5nm)が好ましい。表面平均粗さRaが0.01nm未満であると磁気ヘッドの振動が起りやすくなり、2nmを越えるとグライド特性が不

充分となりやすい。

【0006】軟磁性下地膜2は、磁気ヘッドから出る磁束の基板垂直方向成分を大きくするとともに、情報が記録される垂直磁性膜4の磁化を、より強固に基板1と垂直な方向に固定するために設けられているものである。軟磁性下地膜2の材料としては、Coを80at%以上含有し、Zr、Ta、Nb、Yのうち少なくとも1種以上の元素を2at%以上含み、アモルファス構造を有するCo合金を用いることが好ましい。この材料としては、CoZr、CoZrNb、CoZrTa、CoZrCr、CoNbY系合金などを好適なものとして挙げることができる。また、軟磁性下地膜2の材料としては、Feを60at%以上含有し、Ta、Zr、Al、Si、Hfのうち少なくとも1種以上の元素を2at%以上含み、飽和磁束密度Bs(T)が0.8(T)以上である、Fe合金を用いることができる。この材料としては、FeAlSi、FeTaC、FeAlSiRuTi、FeHfO、FeTaN、FeZrO系合金などを好適なものとして挙げることができる。また、軟磁性下地膜2の材料としては、Feを60at%以上含有し、O、N、B、Cのうち少なくとも1種以上の元素を2at%以上含み、飽和磁束密度Bs(T)が0.8(T)以上であるFe合金を用いることができる。この材料としては、FeN、FeTaC、FeHfO、FeTaN、FeAlO、FeB、FeZrN系合金などの微細結晶構造、あるいは微細な結晶粒子がマトリクス中に分散されたグラニューラ構造を有する材料を好適なものとして挙げることができる。

【0007】軟磁性下地膜2の飽和磁束密度Bsと軟磁性下地膜2の膜厚tとの積Bs・tは、40T・nm以上(好ましくは60T・nm以上)であることが好ましい。このBs・tが上記範囲未満であると、再生波形が歪みをもつようになるため好ましくない。軟磁性下地膜2の保磁力Hcは200(Oe)以下(好ましくは50(Oe)以下)とするのが好ましい。この保磁力Hcが上記範囲を越えると、軟磁気特性が不十分となり、再生波形がいわゆる矩形波から歪みをもった波形になるため好ましくない。また、軟磁性下地膜2の最大透磁率は、100~1000000(好ましくは1000~500000)とするのが好ましい。最大透磁率が上記範囲未満であると、記録時に磁気記録媒体への書き込みが不十分となり、十分な記録再生特性を得られなくなるおそれがある。なお、透磁率はCGS単位系で表した値である。

【0008】軟磁性下地膜2の表面形状は、垂直磁性膜4、保護膜5の表面形状に影響を与えるため、磁気記録媒体の表面凹凸を小さくして、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを低くするには、軟磁性下地膜2の表面平均粗さRaを2nm以下とするのが好ましい。

【0009】配向制御膜3は、直上に設けられた垂直磁

性膜4の配向性や結晶粒径を制御するものであり、この配向制御膜3は、第1配向制御層3a上に、第2配向制御層3bを設けた2層構造を有するものであることが好ましい。第1配向制御層3aの材料としては、NiAl、FeAl、CoFe、CoZr、NiTi、AlCo、AlRu、CoTiのうち1種または2種以上の合金を主成分とするものが使用できる。また、これらの合金にCr、Nb、V、W、Mo、B、O、N、Ru、Nd等の元素を添加した材料を用いることもできる。上記2元系合金(NiAl、FeAl、CoFe、CoZr、NiTi、AlCo、AlRu、CoTi)を用いる場合には、この合金を構成する2つの成分の含有率は、いずれも40~60at%(好ましくは45~55at%)とするのが好ましい。

【0010】第1配向制御層3aの厚さは、0.1~50nm(好ましくは1.5~30nm)とするのが好適である。この厚さが上記範囲未満であると、垂直磁性膜4における垂直配向性が低下し、ノイズ特性および熱揺らぎ耐性が劣化する。また、この厚さが上記範囲を越えると、垂直磁性膜4における垂直配向性が低下し、ノイズ特性および熱揺らぎ耐性が劣化する。なお熱揺らぎ耐性とは、熱揺らぎによる出力低下の起こりにくさを意味する。第1配向制御層3aは、bcc構造を有することが好ましい。

【0011】第2配向制御層3bは、Ti、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Hfのうち1種以上または2種以上を主成分とする材料からなるものとするのが好ましい。第2配向制御層3bの厚さは、0.1~50nm(好ましくは2~25nm)とするのが好適である。この厚さが上記範囲未満であると、垂直磁性膜4における垂直配向性が低下し記録再生特性および熱揺らぎ耐性が劣化する。この厚さが上記範囲を越えると、第2配向制御層3bにおいて結晶粒子が粗大化し、垂直磁性膜4において磁性粒子が粗大化し記録再生特性が悪化する。また記録再生時における磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離が大きくなり、再生信号の分解能が低下するため好ましくない。第2配向制御層3bは、hcp構造を有することが好ましい。

【0012】なおこの実施形態では、配向制御膜3が、第1配向制御層3aと第2配向制御層3bからなるものとしたが、配向制御膜3は、第1配向制御層3aまたは第2配向制御層3bからなる単層構造としてもよい。

【0013】垂直磁性膜4は、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した磁性膜である。垂直磁性膜4の材料としては、CoCr系、CoCrPt系、CoCrTa系などを挙げることができる。なかでも特に、CoCrPtX系(X:Mo、B、V、W、Zr、Re、Cu、Ru、Hf、Ir、Yのうち1種以上)合金からなる磁性材料を用いるのが好ましい。Xの含有率は0.5~15at%(好ましくは2~10at%)とするのが好適

である。Xの含有率が上記範囲未満であると、磁性粒子7間の離間距離が小さくなりノイズ増加を招き、上記範囲を越えると、保磁力が低下する。上記Xとしては、ノイズ特性の点からBが好適である。特にB含有率が10at%以下としたときに優れたノイズ特性が得られる。垂直磁性膜4の材料には、Cr含有率が12~26at%、Pt含有率が10~24at%、X含有率が0.5~15at%、残部がCoからなるCoCrPtX系合金を用いるのが好適である。

【0014】垂直磁性膜4には、CoCr系、CoCrPt系、CoCrTa系、CoCrPtX系(Xの含有率は好ましくは0.5~15at%(さらに好ましくは2~10at%))の合金等の磁性材料に、磁性粒子の分離材としてAg、Ti、Ru、C等の非磁性金属やその化合物などの非磁性材料を添加した材料を用いることもできる。また磁性粒子の分離剤としては、酸化物、窒化物、フッ化物、炭化物を用いることができる。具体的には、SiO<sub>2</sub>、SiO、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlN、TiO、TiO<sub>2</sub>、TiN、BN、CaF<sub>2</sub>、TiCなどを例示することができる。

【0015】垂直磁性膜4は、その組成によっては、Taを含有させると保磁力が低下することがあるため、Taを含有させない構成も可能である。

【0016】図2に示すように、垂直磁性膜4は、多数の磁性粒子7が粒界層8によって隔てられた構造を有する。磁性粒子7は、上記垂直磁性膜4の材料として示した材料、例えばCoCrPtX系合金からなるものである。磁性粒子7中のCr濃度c1は、例えば8~15at%とすることができる。磁性粒子7の平均粒径は、4~12nmであることが好ましい。この平均粒径が上記範囲未満であると、磁気余効の影響が大きくなり過ぎ、上記範囲を越えると、ノイズ特性が低下するため好ましくない。

【0017】平均粒径は、次のようにして算出することができる。磁性粒子7と同一面積を有する円を想定し、この円の粒径をその磁性粒子7の粒径とする。同様の手順で複数の磁性粒子7について粒径を求め、これら複数の磁性粒子7の粒径を平均し、平均粒径とする。平均粒径を求めるにあたって、粒径測定の対象となる磁性粒子7の数は、100以上(好ましくは500以上)とするのが好適である。この対象磁性粒子数が上記範囲未満であると、データの信頼性が低下する。

【0018】粒界層8は、上記磁性粒子7と同じ構成元素、例えばCoCrPtX系合金からなるものとされるが、その組成が磁性粒子7の組成と異なり、Crの濃度c2が、磁性粒子7中のCr濃度c1より高くなる構成とするのが好ましい。上記粒界層8中のCr濃度c2は、15at%以上とするのが好ましい。このCr濃度c2が15at%未満であると、磁性粒子7どうしの交換相互作用が増大し、ノイズ特性低下を招く。

【0019】粒界層8のCr濃度c2は、磁性粒子7中のCr濃度c1に対する割合、すなわちc2/c1が1.4以上、好ましくは1.4~3.0となる値とするのが望ましい。この割合が1.4未満であると、粒界層8中の磁性元素の相対的な濃度が高まり、粒界層8が磁化されやすくなり、磁性粒子7どうしの交換相互作用が増大し、ノイズ特性低下を招くおそれがある。

【0020】本実施形態の磁気記録媒体において、磁性粒子7の平均離間距離、すなわち図2に示す平均離間距離Aは、1nm以上(好ましくは1.5nm以上)とされる。この離間距離Aが1nm未満であると、磁性粒子7間の交換相互作用が大きくなり、ノイズ特性低下を招くおそれがある。この離間距離Aは、磁性粒子7の平均粒径の2分の1以下であることが好ましい。この離間距離Aが上記範囲を越えると、単位体積あたりの磁化が小さくなり、保磁力が低下する。

【0021】以下、垂直磁性膜4の表面付近における結晶構造を示す写真(TEMなどによるもの)に基づいて磁性粒子7間の平均離間距離Aを算出する手順について、図2を参照して説明する。

(1) 磁性粒子7のうち、特定のもの(符号7aで示す特定磁性粒子)と、この特定磁性粒子7aに隣接する隣接磁性粒子7bについて重心を求める。

(2) 特定磁性粒子7aの重心7cと隣接磁性粒子7bの重心7dとを結ぶ直線を引き、これら直線上において、特定磁性粒子7aと隣接磁性粒子7bとの離間距離a1~a6を測定する。

(3) これら重心間の直線上の離間距離a1~a6の平均値を算出する。

(4) 複数の磁性粒子7について、(1)~(3)の手順で離間距離の平均値を求め、これら複数の磁性粒子7(特定磁性粒子7a)の離間距離平均値をさらに平均し、上記平均離間距離Aとする。この手順(4)において、離間距離測定の対象となる磁性粒子7の数は、100以上(好ましくは500以上)とするのが好適である。この対象磁性粒子数が上記範囲未満であると、データの信頼性が低下する。上記説明において、「磁性粒子7bが磁性粒子7aに隣接する」とは、これら磁性粒子7a、7bの重心7cと重心7dを結ぶ直線上に、他の粒子が存在しない状態にあることをいう。すなわち重心どうしを結ぶ直線上に他の粒子が存在しない位置関係にある粒子どうしを、隣接するとみなす。

【0022】垂直磁性膜4の厚さは、3~100nm(好ましくは5~50nm)とするのが好適である。垂直磁性膜4の厚さが上記範囲未満であると、十分な磁束が得られず、再生出力が低下する。また、垂直磁性膜4の厚さが上記範囲を越えると、垂直磁性膜4内の磁性粒子の粗大化が起き、記録再生特性が低下するため好ましくない。

【0023】垂直磁性膜4の保磁力は、3000(O



e) 以上とすることが好ましい。保磁力が3000 (Oe) より小さい場合には、高密度記録が難しく、熱揺らぎ耐性にも劣るため好ましくない。

【0024】この磁気記録媒体では、逆磁区核形成磁界 ( $-H_n$ ) が0 (Oe) 以上 (好ましくは500 (Oe) 以上) であることが好ましい。逆磁区核形成磁界 ( $-H_n$ ) が上記範囲未満であると、熱揺らぎ耐性が低下する。逆磁区核形成磁界 ( $-H_n$ ) の測定には、軟磁性下地膜2の影響を除くため、基板1、配向制御膜3、垂直磁性膜4、保護膜5のみからなるディスクを用い、このディスクについて振動式磁気特性測定装置を用いて測定を行うのが好適である。また磁気記録媒体をそのまま用いて逆磁区核形成磁界を測定することもできる。

【0025】図3に示すように、逆磁区核形成磁界 ( $-H_n$ ) とは、履歴曲線 (MH曲線) において、磁化が飽和した状態から外部磁場を減少させる過程で、外部磁場が0となる点aから磁化反転を起こす点bまでの距離 (Oe) で表すことができる。この逆磁区核形成磁界 ( $-H_n$ ) は、70℃の条件で測定されたときに、上記範囲となることが好ましい。これは、この磁気記録媒体を磁気記録再生装置に使用したときに、通常の使用条件下において磁気記録媒体がさらされる温度が70℃以下であることから、70℃の条件下での逆磁区核形成磁界 ( $-H_n$ ) が上記範囲であれば、十分な熱揺らぎ耐性を示すと考えられるためである。なお、逆磁区核形成磁界 ( $-H_n$ ) は、図3に示すように、磁化反転を起こす点bが、外部磁場がマイナスとなる領域にある場合にプラスの値をとり、逆に、点bが、外部磁場がプラスとなる領域にある場合にマイナスの値をとる。

【0026】なお、垂直磁性膜は、組成、構造が異なる層を2層以上重ね合わせたものとしてもよい。例えば、垂直磁性膜は、複数の磁性層と各磁性層間に設けられた中間層とからなり、中間層の結晶構造がB2構造またはhcp構造である構成を用いることができる。各磁性層の組成、構造は互いに同じものとしてもよいし、異なるものとしてもよい。中間膜の材料としては限定されるものではないが、格子の整合性を考慮すると、Ru、RuにCo、Cr、Fe、Ni、C、O、N、Si、B等を添加した合金や、CoCrにFe、Ni、Ru、Pt、Ta、C、O、N、Si、B等を添加した合金を用いるのが特に好ましい。

【0027】保護膜5は垂直磁性膜4の腐食を防ぐとともに、磁気ヘッドが媒体に接触したときに媒体表面の損傷を防ぐためのもので、従来公知の材料を使用でき、例えばC、SiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>を含むものが使用可能である。保護膜5の厚さは、1~10nmとするのが好ましい。潤滑剤6には、パーフルオロポリエーテル、フッ素化アルコール、フッ素化カルボン酸などを用いるのが好ましい。

【0028】上記構成の磁気記録媒体を製造するには、

前述した組成を有する材料を用いて、基板1上に、軟磁性下地膜2、配向制御膜3、垂直磁性膜4を順次、スパッタリング、真空蒸着、イオンプレーティングなどにより形成する。次いで保護膜5を、好ましくはプラズマCVD法、イオンビーム法、スパッタリング法により形成する。潤滑剤6を形成するには、ディッピング法、スピコート法などの従来公知の方法を採用することができる。

【0029】上記構成の磁気記録媒体にあつては、垂直磁性膜4が、多数の磁性粒子7が粒界層8によって隔てられた構造を有し、互いに隣接する磁性粒子7の重心を結ぶ直線上において、これら磁性粒子7間の平均離間距離Aが1nm以上とされているので、磁性粒子7どうしの交換相互作用を小さくし、ノイズ特性を向上させることができる。

【0030】さらに、垂直磁性膜4が、CoCrPtX系 (X:Mo、B、V、W、Zr、Re、Cu、Ru、Hf、Ir、Yのうち1種以上) 合金からなり、Xの含有率が0.5~15at%である構成を用いることによって、粒界層8へのCr偏析を促し、磁性粒子7と粒界層8の間のCr濃度比c2/c1を高くすることができる。これによって、磁性粒子7内の保磁力を高めるとともに、磁性粒子7間の交換結合を抑制することができる。従って、再生出力を向上させるとともに、ノイズ低減を図り、優れたノイズ特性を得ることができる。

【0031】図4は本発明の磁気記録媒体の第2の実施形態を示すもので、ここに示す磁気記録媒体では、配向制御膜3と垂直磁性膜4との間に、非磁性中間膜9が設けられている。非磁性中間膜9には、非磁性のCoCr合金、特にCoCrPtX1系合金 (X1はMo、Ta、B、V、W、Zr、Re、Cu、Ru、Hf、Ir、Yのうち1種以上) を用いるのが好ましい。CoCrPtX1系合金としては、Cr含有率が20~45at% (好ましくは30~45at%)、Pt含有率が5~25at%、X1含有率が0.5~20at%、残部がCoからなるものを用いるのが好ましい。

【0032】非磁性中間膜9は、CoCr系合金からなり、高Cr含有率の結晶粒子が低Cr含有率の粒界層によって隔てられた構造を有し、結晶粒子間の平均離間距離が1nm以上である構成とするのが好ましい。この平均離間距離が上記範囲未満であると、垂直磁性膜4における磁性粒子7間の離間距離が小さくなり、ノイズ特性が低下しやすくなる。この平均離間距離は、垂直磁性膜4の磁性粒子7の離間距離と同様に、互いに隣接する結晶粒子の重心を結ぶ直線上において、これら結晶粒子間の離間距離の平均値として算出することができる。また結晶粒子の平均粒径は4~12nmであることが好ましい。この平均粒径が上記範囲未満であると磁気余効の影響が大きくなり、上記範囲を越えると、ノイズ特性が低下するため好ましくない。平均粒径は、垂直磁性膜4の

10

20

30

40

50

磁性粒子7と同様に、複数の結晶粒子について、同一面積を有する円の粒径を求め、これらを平均して得ることができる。粒子間の平均離間距離、平均粒径を求めるにあたって、対象となる結晶粒子の数は、データの信頼性の点から、100以上（好ましくは500以上）とするのが好適である。非磁性中間膜9の厚さは、垂直磁性膜4における磁性粒子の粗大化による記録再生特性の悪化や、磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離が大きくなることによる記録分解能の低下が起こらないようにするために、20nm以下（好ましくは10nm以下）とするのが好ましい。本実施形態の磁気記録媒体においては、非磁性中間膜9を設けることによって、垂直磁性膜4の垂直配向性を高めることができるため、垂直磁性膜4の保磁力Hcを高め、記録再生特性および熱揺らぎ耐性をさらに向上させることができる。

【0033】図5に示すように、配向制御膜は、2層構造に限らず、単一の材料からなる単層構造とすることもできる。この場合、配向制御膜23には、Ti、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Hfのうち1種以上または2種以上を主成分とする材料を用いることが好ましい。なかでも特にRuを用いると、垂直磁性膜4の垂直配向性を高めることができるのが好ましい。この材料としては、垂直磁性膜に対する格子の整合性を考慮して、これらの材料にCo、Cr、Fe、Ni等を添加した合金を用いることができる。またこの材料としては、結晶粒子を微細化するため、これらの材料にC、O、N、Si、Bを添加した合金を用いることもできる。配向制御膜23には、上記第1配向制御層3aと第2配向制御層3bのうちいずれかの構成を採用することもできる。配向制御膜23の厚さは、0.1～50nm（好ましくは1～25nm、より好ましくは2～25nm）とするのが好適である。この厚さが上記範囲未満であると、垂直磁性膜4における垂直配向性が低下し記録再生特性および熱揺らぎ耐性が劣化する。またこの厚さが上記範囲を越えると、結晶粒子が粗大化し、垂直磁性膜4において結晶粒子が粗大化し記録再生特性が悪化する。また記録再生時における、磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離が大きくなるため、再生信号の分解能が低下するため好ましくない。

【0034】図6は、上記磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置の例を示すものである。ここに示す磁気記録再生装置は、磁気記録媒体10と、磁気記録媒体10を回転駆動させる媒体駆動部11と、磁気記録媒体10に情報を記録再生する磁気ヘッド12と、ヘッド駆動部13と、記録再生信号処理系14とを備えている。記録再生信号処理系14は、入力されたデータを処理して記録信号を磁気ヘッド12に送ったり、磁気ヘッド12からの再生信号を処理してデータを出力することができるようになっている。磁気ヘッド12としては、MR素子やGMR素子を有する複合型薄膜磁気ヘッドを用いること

もできるし、垂直記録用の単磁極ヘッドを用いることもできる。

【0035】上記磁気記録再生装置によれば、上記磁気記録媒体10を用いるので、ノイズ特性を高め、高記録密度化を図ることができる。なお、本明細書において、主成分とは当該成分を50at%を越えて含むことを指す。

【0036】

【実施例】以下、実施例を示して本発明の作用効果を明確にする。

（試験例1）洗浄済みのガラス基板1（オハラ社製、外径65mm、厚さ0.635mm）をDCマグネトロンスパッタ装置（アネルバ社製C-3010）のチャンバ内に收容して、到達真空度 $1 \times 10^{-5}$ Paとなるまでチャンバ内を排気した後、このガラス基板1上に89at%Co-4at%Zr-7at%Nb（89Co4Zr7Nb）からなるターゲットを用いて、100℃以下の条件で、89Co4Zr7Nbからなる軟磁性下地膜2（厚さ250nm）をスパッタリングにより形成した。次いで、210℃の条件で、軟磁性下地膜2上に50at%-Ni50at%Alからなる第1配向制御層（厚さ20nm）と、60at%Ru-40at%Coからなる第2配向制御層（厚さ20nm）からなる配向制御膜3を形成した。次いで、65at%Co-20at%Cr-15at%Ptからなる垂直磁性膜4（厚さ20nm）を形成した。次いで、CVD法により厚さ6nmのDLC（ダイヤモンドライクカーボン）からなる保護膜5を形成した。次いで、パーフルオロポリエーテルからなる潤滑膜6（厚さ2nm）をディップコーティング法により形成し、磁気記録媒体を得た。

【0037】（試験例2、3）垂直磁性膜4を、それぞれ73Co12Cr15Pt、58Co24Cr18Ptからなるものとする以外は試験例1と同様にして磁気記録媒体を得た。

【0038】（試験例4～13）垂直磁性膜4に、CoCrPtX（（65-x）at%Co-20at%Cr-15at%Pt-xat%X）を用いたこと以外は試験例1と同様にして磁気記録媒体を得た。

【0039】上記試験例1～13の磁気記録媒体について、垂直磁性膜4をTEMを用いて基板1に平行な面について観察した結果、垂直磁性膜4は、多数の磁性粒子7と、これらを隔てる粒界層8とを有する構造となっていた。磁性粒子7の平均粒径（磁性粒子径）および磁性粒子7間の平均離間距離（粒界層8の厚さ）を求めた結果を表1に示す。また電解放射型透視電子顕微鏡を用いて測定した粒界層8のCr濃度c2と磁性粒子7のCr濃度c1に対する割合c2/c1を表1に示す。また上記磁気記録媒体の磁気特性を振動式磁気特性装置（VSM）を用いて、保磁力Hcおよび逆磁区核形成磁界（-Hn）について測定した。また、これら磁気記録媒体の

記録再生特性をGUZIK社製リードライトアナライザRWA1632、およびスピンスタンドS1701MPを用いて測定した。記録再生特性の評価には、再生部に巨大磁気抵抗(GMR)素子を有する複合型薄膜磁気ヘッドを用い、線記録密度600kFCIとして測定を行った。またLFTAAは、50kFCIで再生を行った際の出力を示し、SNRは600kFCIでの記録におけるノイズと50kFCIでの再生出力の比を示す。また、熱揺らぎ耐性の評価では、基板を70℃に加熱して線記録密度50kFCIにて書き込みをおこなった後、書き込み後1秒後の再生出力に対する出力の低下率(%/decade)を、 $(S_0 - S) \times 100 / (S_0 \times 3)$ に基づいて算出した。この式において、 $S_0$ は磁気記録媒体に信号記録後1秒経過時の再生出力を示し、 $S$

は1000秒後の再生出力を示す。試験結果を表1に示す。

【0040】(試験例14~29)垂直磁性膜4に表2~4に示す材料を用いること以外は試験例1と同様に磁気記録媒体を得た。試験例1~13と同様に、磁性粒子径、粒子間の離間距離、磁気特性、記録再生特性、熱揺らぎ耐性を評価した結果を表2~4に示す。

【0041】(試験例30~52)配向制御膜3と垂直磁性膜4との間に非磁性中間膜9を形成して磁気記録媒体を作製した。試験例1~13と同様に、磁性粒子径、粒子間の離間距離、磁気特性、記録再生特性、熱揺らぎ耐性を評価した結果を表5に示す。

【0042】

【表1】

| 試験例 | 垂直磁性膜       |             |             |              | 磁性粒子径<br>[nm] | 平均離間距離<br>[nm] | 粒界層           |                | 静磁気特性      |             | 電磁変換特性        |             | 熱揺らぎ耐性<br>[%decade] |
|-----|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------------|---------------|----------------|------------|-------------|---------------|-------------|---------------------|
|     | Co<br>[at%] | Cr<br>[at%] | Pt<br>[at%] | X<br>元素[at%] |               |                | Cr濃度<br>[at%] | Cr濃度比<br>c2/c1 | Hc<br>[Oe] | -Hn<br>[Oe] | LFTAA<br>[mV] | SNR<br>[dB] |                     |
| 1   | 65          | 20          | 15          | —            | 15            | 0.5            | 22            | 1.25           | 3522       | 300         | 2.459         | 18.3        | 1.04                |
| 2   | 73          | 12          | 15          | —            | 26            | 0.3            | 13            | 1.15           | 3187       | 0           | 2.294         | 14.8        | 2.33                |
| 3   | 58          | 24          | 18          | —            | 20            | 0.7            | 32            | 1.30           | 3439       | -2100       | 2.086         | 20.1        | 3.06                |
| 4   | 60          | 20          | 15          | Mo 5         | 8             | 2.1            | 24            | 1.55           | 3891       | 950         | 2.651         | 23.2        | 0.83                |
| 5   | 57          | 20          | 15          | V 8          | 9             | 2.2            | 23            | 1.61           | 4435       | 1300        | 2.720         | 23.5        | 0.65                |
| 6   | 61          | 20          | 15          | Cu 4         | 8             | 2.5            | 25            | 1.64           | 5278       | 1500        | 2.784         | 23.9        | 0.44                |
| 7   | 55          | 20          | 15          | W 10         | 7             | 2.5            | 26            | 1.63           | 5051       | 1450        | 2.783         | 24.1        | 0.50                |
| 8   | 58          | 20          | 15          | Re 7         | 9             | 2.2            | 24            | 1.59           | 5137       | 900         | 2.647         | 24.7        | 0.59                |
| 9   | 62          | 20          | 15          | Zr 3         | 7             | 2.7            | 22            | 1.53           | 4983       | 500         | 2.539         | 25.5        | 0.70                |
| 10  | 59          | 20          | 15          | B 6          | 6             | 2.7            | 25            | 1.54           | 5391       | 650         | 2.600         | 25.3        | 0.59                |
| 11  | 61          | 20          | 15          | Ta 4         | 9             | 1.9            | 22            | 1.48           | 4037       | 450         | 2.521         | 22.7        | 0.90                |
| 12  | 53          | 20          | 15          | Ru 12        | 8             | 2.4            | 24            | 1.56           | 5062       | 1200        | 2.703         | 25.1        | 0.55                |
| 13  | 59          | 20          | 15          | Hf 6         | 6             | 3              | 28            | 1.73           | 4130       | 800         | 2.687         | 26.0        | 0.81                |

【0043】

【表2】

| 試験例 | 垂直磁性膜       |             |             |             | 磁性粒子径<br>[nm] | 平均離間距離<br>[nm] | 粒界層           |                | 静磁気特性      |             | 電磁変換特性        |             | 熱揺らぎ耐性<br>[%decade] |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|---------------|----------------|------------|-------------|---------------|-------------|---------------------|
|     | Co<br>[at%] | Cr<br>[at%] | Pt<br>[at%] | Cu<br>[at%] |               |                | Cr濃度<br>[at%] | Cr濃度比<br>c2/c1 | Hc<br>[Oe] | -Hn<br>[Oe] | LFTAA<br>[mV] | SNR<br>[dB] |                     |
| 14  | 70          | 18          | 12          | —           | 15            | 0.5            | 20            | 1.20           | 3246       | -400        | 2.291         | 20.9        | 2.46                |
| 15  | 69          | 18          | 12          | 1           | 11            | 1.5            | 23            | 1.45           | 4075       | 100         | 2.457         | 23.2        | 0.97                |
| 16  | 67          | 18          | 12          | 3           | 9             | 1.7            | 24            | 1.54           | 4582       | 950         | 2.650         | 24.0        | 0.69                |
| 17  | 64          | 18          | 12          | 6           | 8             | 2.2            | 26            | 1.58           | 5031       | 1400        | 2.766         | 24.9        | 0.51                |
| 18  | 60          | 18          | 12          | 10          | 7             | 2.3            | 27            | 1.63           | 5161       | 1650        | 2.833         | 25.5        | 0.44                |
| 19  | 56          | 18          | 12          | 14          | 9             | 2.1            | 25            | 1.55           | 4396       | 1300        | 2.731         | 24.2        | 0.66                |
| 20  | 53          | 18          | 12          | 17          | 13            | 1.9            | 22            | 1.35           | 3533       | 100         | 2.433         | 22.2        | 1.07                |
| 21  | 50          | 18          | 12          | 20          | 14            | 1.6            | 20            | 1.30           | 3571       | -200        | 2.346         | 21.5        | 1.13                |

【0044】

【表3】

| 試験例 | 垂直磁性膜       |             |             |             | 磁性粒子径<br>[nm] | 平均離間距離<br>[nm] | 粒界層           |                | 静磁気特性      |             | 電磁変換特性        |             | 熱揺らぎ耐性<br>[%decade] |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|---------------|----------------|------------|-------------|---------------|-------------|---------------------|
|     | Co<br>[at%] | Cr<br>[at%] | Pt<br>[at%] | Cu<br>[at%] |               |                | Cr濃度<br>[at%] | Cr濃度比<br>c2/c1 | Hc<br>[Oe] | -Hn<br>[Oe] | LFTAA<br>[mV] | SNR<br>[dB] |                     |
| 22  | 68          | 18          | 8           | 6           | 8             | 2.2            | 25            | 1.57           | 3876       | -250        | 2.424         | 24.9        | 2.15                |
| 17  | 64          | 18          | 12          | 6           | 8             | 2.2            | 26            | 1.58           | 5031       | 1400        | 2.766         | 24.9        | 0.51                |
| 23  | 56          | 18          | 20          | 6           | 9             | 2              | 25            | 1.54           | 6246       | 2000        | 2.870         | 24.5        | 0.15                |
| 24  | 53          | 18          | 23          | 6           | 20            | 1.7            | 22            | 1.20           | 4076       | 1900        | 2.371         | 19.4        | 1.21                |

【0045】

【表4】



| 試験例 | 垂直磁性膜       |             |             |             | 磁性粒子径<br>[nm] | 平均離間距離<br>[nm] | 粒界層           |                | 静磁気特性      |             | 電磁変換特性        |             | 熱揺らぎ耐性<br>[%decade] |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|---------------|----------------|------------|-------------|---------------|-------------|---------------------|
|     | Co<br>[at%] | Cr<br>[at%] | Pt<br>[at%] | Cu<br>[at%] |               |                | Cr濃度<br>[at%] | Cr濃度比<br>c2/c1 | Hc<br>[Oe] | -Hn<br>[Oe] | LFTAA<br>[mV] | SNR<br>[dB] |                     |
| 25  | 72          | 10          | 12          | 6           | 16            | 0.6            | 14            | 1.15           | 2986       | -100        | 2.284         | 19.0        | 1.22                |
| 26  | 68          | 14          | 12          | 6           | 11            | 1.8            | 19            | 1.50           | 4311       | 850         | 2.574         | 22.1        | 0.77                |
| 17  | 64          | 18          | 12          | 6           | 8             | 2.2            | 26            | 1.58           | 5031       | 1400        | 2.766         | 24.9        | 0.51                |
| 27  | 56          | 26          | 12          | 6           | 5             | 2.5            | 32            | 1.60           | 4027       | 600         | 2.669         | 27.8        | 0.87                |
| 28  | 52          | 30          | 12          | 6           | 14            | 1.4            | 30            | 1.30           | 3132       | -800        | 1.789         | 23.9        | 2.67                |
| 29  | 48          | 30          | 12          | 10          | 12            | 1.3            | 32            | 1.20           | 3044       | -1000       | 1.763         | 25.0        | 2.78                |

【0046】

【表5】

| 試験例 | 非磁性中間膜      |             |             |              | 垂直磁性膜組成       | 磁性粒子径<br>[nm] | 平均離間距離<br>[nm] | 粒界層Cr濃度比<br>c2/c1 | 静磁気特性      |             | 熱揺らぎ耐性<br>[%decade] |
|-----|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|----------------|-------------------|------------|-------------|---------------------|
|     | Co<br>[at%] | Cr<br>[at%] | Pt<br>[at%] | X元素<br>[at%] |               |               |                |                   | Hc<br>[Oe] | -Hn<br>[Oe] |                     |
| 2   | 無し          | —           | —           | —            | Co12Cr15Pt    | 26            | 0.3            | 1.15              | 3187       | 0           | 2.33                |
| 30  | 57          | 35          | 8           | —            | Co12Cr15Pt    | 16            | 0.8            | 1.3               | 3532       | 200         | 1.58                |
| 31  | 51          | 35          | 8           | Mo 6         | Co12Cr15Pt    | 9             | 1.7            | 1.45              | 3989       | 1050        | 0.71                |
| 32  | 51          | 36          | 8           | V 5          | Co12Cr15Pt    | 10            | 1.5            | 1.42              | 3876       | 950         | 0.75                |
| 33  | 無し          | —           | —           | —            | Co18Cr15Pt6Cu | 10            | 2.1            | 1.58              | 5258       | 1400        | 0.42                |
| 34  | 57          | 35          | 8           | —            | Co18Cr15Pt6Cu | 7             | 2.3            | 1.64              | 5358       | 1550        | 0.38                |
| 35  | 51          | 34          | 8           | Cu 7         | Co18Cr15Pt6Cu | 6             | 2.5            | 1.7               | 5498       | 1600        | 0.34                |
| 36  | 51          | 34          | 8           | Cu 7         | Co12Cr15Pt    | 10            | 1.9            | 1.51              | 3847       | 1000        | 0.75                |
| 37  | 51          | 34          | 8           | Cu 7         | Co18Cr15Pt    | 9             | 2.2            | 1.55              | 4349       | 850         | 0.68                |
| 38  | 51          | 34          | 8           | Cu 7         | Co26Cr15Pt    | 8             | 2.5            | 1.57              | 4698       | 500         | 0.68                |
| 39  | 52          | 35          | 8           | W 5          | Co12Cr15Pt    | 10            | 1.4            | 1.42              | 4058       | 800         | 0.75                |
| 40  | 48          | 37          | 6           | Re 9         | Co12Cr15Pt    | 7             | 2.1            | 1.53              | 3709       | 750         | 0.82                |
| 41  | 53          | 36          | 7           | Zr 4         | Co12Cr15Pt    | 8             | 1.8            | 1.49              | 3984       | 900         | 0.74                |
| 42  | 60          | 29          | 7           | Zr 4         | Co12Cr15Pt    | 15            | 1.2            | 1.26              | 3649       | 300         | 0.91                |
| 43  | 48          | 43          | 5           | Zr 4         | Co12Cr15Pt    | 4             | 2              | 1.6               | 4248       | 600         | 0.75                |
| 44  | 44          | 47          | 5           | Zr 4         | Co12Cr15Pt    | 16            | 0.7            | 1.24              | 3259       | -300        | 2.42                |
| 45  | 51          | 35          | 8           | Ta 6         | Co12Cr15Pt    | 10            | 1.4            | 1.43              | 3948       | 950         | 0.74                |
| 46  | 53          | 35          | 8           | Ru 4         | Co12Cr15Pt    | 10            | 1.4            | 1.44              | 4148       | 1050        | 0.68                |
| 47  | 53          | 37          | 3           | B 7          | Co12Cr15Pt    | 8             | 1.8            | 1.5               | 3349       | -100        | 2.30                |
| 48  | 51          | 37          | 5           | B 7          | Co12Cr15Pt    | 8             | 1.8            | 1.5               | 3846       | 600         | 0.82                |
| 49  | 48          | 37          | 8           | B 7          | Co12Cr15Pt    | 8             | 1.8            | 1.5               | 3874       | 700         | 0.80                |
| 50  | 42          | 37          | 14          | B 7          | Co12Cr15Pt    | 8             | 1.8            | 1.5               | 3843       | 650         | 0.81                |
| 51  | 38          | 37          | 18          | B 7          | Co12Cr15Pt    | 8             | 1.8            | 1.5               | 3416       | 100         | 1.65                |
| 52  | 50          | 37          | 8           | Hf 5         | Co12Cr15Pt    | 7             | 2.3            | 1.65              | 4149       | 900         | 0.71                |

30

【0047】表1～5より、垂直磁性膜4にCoCrPtX系(X:Mo、B、V、W、Zr、Re、Cu、Ru、Hf、Ir、Yのうち1種以上)合金を用いた磁気記録媒体は、磁性粒子7の離間距離が大きく、Cr濃度比c2/c1も1.4以上となり、さらに逆磁区核形成磁界(-Hn)が大きくなり、熱揺らぎ耐性が大幅に向上することがわかる。また配向制御膜3と垂直磁性膜4との間に、CoCrPtX1系合金(X1はMo、Ta、B、V、W、Zr、Re、Cu、Ru、Hf、Ir、Yのうち1種以上、Cr含有率が20at%以上)を用いた場合でも、同様の効果が得られた。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の磁気記録媒体にあっては、垂直磁性膜が、多数の磁性粒子が粒界層によって隔てられた構造を有し、互いに隣接する磁性粒子の重心を結ぶ直線上において、これら磁性粒子間の平均離間距離が1nm以上とされているので、磁性粒子どうしの交換相互作用を小さくし、ノイズ特性を向上させることができる。また垂直磁性膜が、CoCrPtX系(X:Mo、B、V、W、Zr、Re、Cu、Ru、

40

50

Hf、Ir、Yのうち1種以上)合金からなり、Xの含有率が0.5～15at%である構成を採用することによって、粒界層へのCr偏析を促し、磁性粒子と粒界層の間のCr濃度比を高くすることができる。これによって、磁性粒子内の保磁力を高めるとともに、磁性粒子間の交換結合を抑制することができる。従って、再生出力を向上させるとともに、ノイズ低減を図り、優れたノイズ特性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の磁気記録媒体の第1の実施形態を示す一部断面図である。

【図2】 図1に示す磁気記録媒体の結晶構造を示す図である。

【図3】 図1に示す磁気記録媒体に係る履歴曲線である。

【図4】 本発明の磁気記録媒体の第2の実施形態を示す一部断面図である。

【図5】 本発明の磁気記録媒体の第3の実施形態を示す一部断面図である。

【図6】 本発明の磁気記録再生装置の一例を示す概

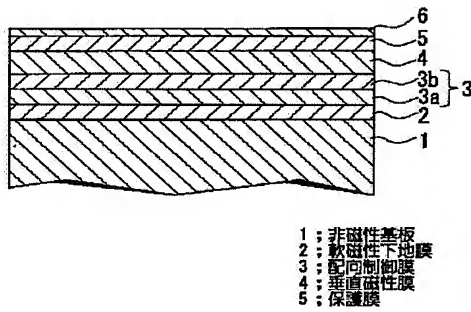
略図である。

【符号の説明】

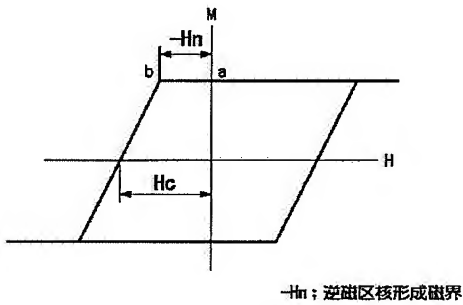
1…非磁性基板、2…軟磁性下地膜、3、23…配向制御膜、4…垂直磁性膜、5…保護膜、6…潤滑膜、7、

7a、7b…磁性粒子、7c、7d…重心、8…粒界面、9…非磁性中間膜、10…磁気記録媒体、12…磁気ヘッド

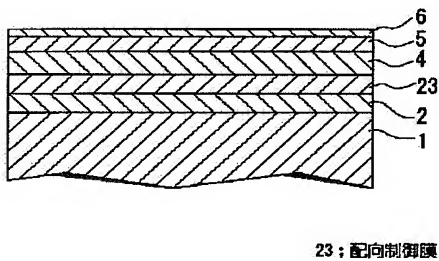
【図1】



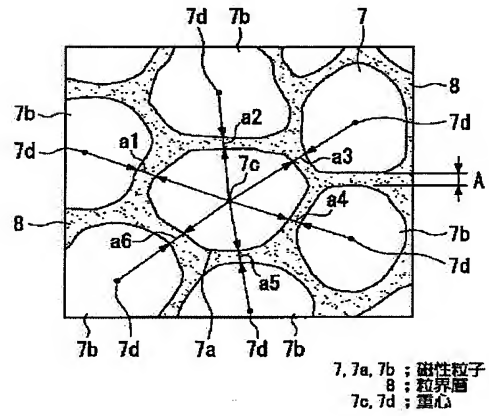
【図3】



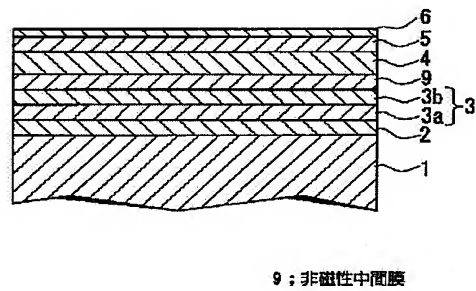
【図5】



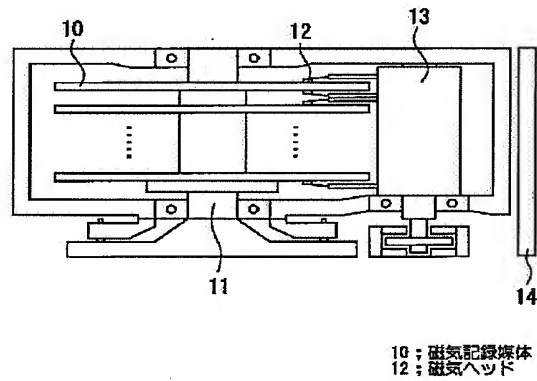
【図2】



【図4】



【図6】



## フロントページの続き

| (51) Int. Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I        | タームコード (参考)   |
|----------------------------|---|------------|---|
| H 0 1 F                    | 10/16   | H 0 1 F    | 10/16   |
|                            | 10/30   |            | 10/30   |
| (72)発明者                    | 坂脇 彰<br>千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電<br>工エイチ・ディー株式会社内  | (72)発明者    | 及川 壮一<br>神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社<br>東芝柳町工場内  |
| (72)発明者                    | 酒井 浩志<br>千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電<br>工エイチ・ディー株式会社内 | F ターム (参考) | 5D006 BB02 BB07 CB01 DA03 DA08<br>EA03<br>5D112 AA03 AA05 AA24 BB05 BB06<br>BD04 FA04<br>5E049 AA04 AA09 BA06 CB02 DB12 |
| (72)発明者                    | 彦坂 和志<br>神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社<br>東芝柳町工場内      |            |   |